

Romsugning i Alterälven för att utreda sikens lekhabitatpreferenser

Egg pumping in Alterälven to investigate spawning habitat preferences for whitefish

Simon Sundberg



Examensarbete • 30 hp

Jägmästarprogrammet

Examensarbete/Master's thesis, 2019:5

Umeå 2019

Romsugning i Alterälven för att utreda sikens lekhabitatpreferenser

Egg pumping in Alterälven to investigate spawning habitat preferences for whitefish

Simon Sundberg

Handledare:	Anders Alanärrä, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vilt, fisk och miljö
Bitr. handledare:	Kjell Leonardsson, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vilt, fisk och miljö
Examinator:	Gustav Hellström, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vilt, fisk och miljö
Omfattning:	30 hp
Nivå och fördjupning:	Avancerad nivå, A2E
Kurstitel:	Självständigt arbete i skogsvetenskap
Kursansvarig inst.:	Institutionen för vilt, fisk och miljö
Kurskod:	EX0932
Program/utbildning:	Jägmästarprogrammet
Utgivningsort:	Umeå
Utgivningsår:	2019
Omslagsbild:	Simon Sundberg
Serietitel:	Examensarbete/Master's thesis
Delnummer i serien:	2019:5
Elektronisk publicering:	https://stud.epsilon.slu.se
Nyckelord:	sik, lekhabitat, romsugning

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för skogsvetenskap
Institutionen för vilt, fisk och miljö

Sammanfattning

Syftet med det här arbetet har varit att utreda sikens lekhabitatpreferenser i Alterälven i avseende på strömförhållanden, djup och bottensubstrat genom romsugning med en vattenpump. Romsugning har inte använts i någon större utsträckning i Sverige tidigare och syftet har därför även varit att utvärdera metoden för framtida studier. Sugeffektiviteten av romkorn testades på olika bottensubstrat för att kunna ta fram en korrektionsfaktor för romsugningen i studieområdet. Resultatet visade att det fanns signifikanta skillnader för uppsugningsgraden av romkorn mellan olika bottensubstrat. Uppsugningsgraden var 95 % på sand (2-20 mm), 93 % på mindre sten (20-100 mm), 86 % på grus (2-20 mm), 60 % på lera (<0,02 mm), 48% i vegetation (slingeväxter) och 24 % på större sten (100-200 mm). Under lekperioden för sik 2018 mättes strömförhållanden (horisontell- och vertikalvattenhastighet) och djup för 20 transekter i studieområdet. Romsugning utfördes två veckor efter sikens lekperiod på tre provpunkter för varje transekt. Det dominerande bottensubstratet noterades för varje provpunkt med en undervattenskamera när romsugningen genomfördes. Horisontell vattenhastighet hade en positiv korrelation och signifikant påverkan på antalet erhållna romkorn vid romsugningen i studieområdet. Den horisontella vattenhastigheten var 0,48 m/s för provpunkter med hög densitet av sikrom (>1000 romkorn/m²). Bottensubstrat hade också en signifikant påverkan på antalet erhållna romkorn. Provpunkter med vegetation (mestadels slingeväxter) hade signifikant fler romkorn än provpunkter med mindre sten (20-100 mm). Siken leker dock nära vattenytan och det går därför inte med säkerhet att säga om siken aktivt väljer platser med mycket vegetation eller om romkornen driver med vattnet och fastnar där. Djup och vertikalvattenhastighet uppvisade ingen signifikant påverkan på antalet erhållna romkorn. Det här arbetet kan vara till hjälp för framtida studier som använder romsugning men även för andra studier på sik eller restaureringsarbete av lekområden.

Nyckelord: sik, lekhabitat, romsugning

Abstract

This study aims to investigate the influence of water velocity, depth and bottom substrate in spawning selection for whitefish by using an egg pumping device. Egg pumping has not been used frequently in Sweden and I have also evaluated the method to help further studies using egg pumping. Egg pumping efficiency was first tested for different bottom substrates to be able to correct the number of whitefish eggs in the study area. The result revealed significant differences in egg pumping efficiency for different types of bottom substrates. The efficiency was 95 % for sand (0,02-2 mm), 93 % for small stones (20-100 mm), 86 % for gravels (2-20 mm), 60 % for clay (<0,02 mm), 48 % for vegetation (watermilfoils) and 24 % for large stones (100-200 mm). During the spawning period in 2018 was water velocities (horizontal and vertical velocity) and depth measured for 20 transects in the study area. The egg pumping was then carried out for three samples in each transect two weeks after the spawning period for whitefish. The dominant type of bottom substrate was assessed for each sample using an underwater camera during the egg pumping. The horizontal water velocity had a positive correlation and significant impact on the number of whitefish eggs in the study area. The average horizontal water velocity was 0.48 m/s in samples with high egg density (> 1000 eggs /m²). The type of bottom substrate did also have a significant impact on the number of whitefish eggs. Samples on vegetation (mainly watermilfoils) had a significant higher number of eggs then samples on smaller stones (20-100 mm). However, the whitefish spawns in the upper part of the water column and it is therefore difficult to determine if the whitefish select spawning grounds with vegetation, or if it is because the eggs get stuck there more in comparison to smaller stones. Depth and vertical water velocity did not show any significant impact on the number of whitefish eggs. This study can help future studies using egg pumping but also other studies about whitefish and restoration projects.

Keywords: whitefish, spawning habitat, egg pumping

Förord

Det här examensarbetet har genomförts på Institutionen för vilt, fisk och miljö (SLU) med stöd från Vatten- och fiskeenheten på Länsstyrelsen i Norrbottens län.

Jag vill tacka Andreas Broman för idén till det här arbetet samt värdefull kunskap under metodutveckling och fältjobb. Tack även till John Niklasson som hjälpte till under fältjobbet och bidrog med högkvalitativ arbetskraft och innovativa lösningar.

Tack även till mina handledare Anders Alanära och Kjell Leonardsson för utmärkt vägledning under arbetet. Slutligen vill jag tacka Bo-Sören Wiklund för bra support vid behov av utrustning för fältjobbet.

Innehållsförteckning

1	Inledning	8
1.1	Syfte	10
2	Metod och material	11
2.1	Studieområde	11
2.2	Utrustning för romsugning	11
2.3	Sugeffektivitet av romkorn på olika bottensubstrat	12
2.4	Vattenhastighet- och djupmätningar i studieområdet	14
2.5	Bedömning av bottensubstrat i studieområdet	15
2.6	Romsugning i studieområdet	16
2.7	Romtransportavstånd	16
2.8	Databehandling och statistisk analys	17
3	Resultat	19
3.1	Sugeffektivitet av romkorn på olika bottensubstrat	19
3.2	Romsugning i studieområdet	20
3.3	Korrelation mellan vattenhastighet, djup och antal romkorn i studieområdet	21
3.3.1	Vattenhastighet	21
3.3.2	Djup	23
3.4	Bottensubstrat och antal romkorn	24
3.5	Effekt av vattenhastighet, djup och bottensubstrat på antal erhållna romkorn i studieområdet	25
3.6	Romtransportavstånd	26
4	Diskussion	27
4.1	Sugeffektivitet av romkorn på olika bottensubstrat	27
4.2	Effekt av vattenhastighet, djup och bottensubstrat på antal erhållna romkorn i studieområdet	28
4.3	Utvärdering av romsugning som metod	31
4.4	Utvärdering av romsugning mot alternativa metoder	32
4.5	Slutsatser	32
	Referenslista	34

1 Inledning

Inom fiskekologi har många studier undersökt fiskars lekbeteende och lekhabitatpreferenser med syfte att lokalisera viktiga reproduktionsområden. Detta har ofta bidragit till ett bättre kunskapsunderlag för att kunna bevara eller restaurera lekområden för fisk. I Europa har forskning inom detta område mottagit ett allt större stöd från lagstiftning och politik sedan EU:s art- och habitatdirektiv samt vattendirektiv tillkommit (Sear m fl. 2008). Laxfiskar är en grupp fiskar med stor ekologisk, kommersiell och rekreationell betydelse, och tidigare studier har visat att det finns en stor diversitet bland olika laxfiskars livshistoria, beteende och morfologi (Morbey & Hendry 2008). En del av denna diversitet beror sannolikt på laxfiskars anpassning till olika lekhabitat eftersom att faktorer som påverkar reproduktionsframgång varierar stort för olika lekhabitat. Tusentals år av anpassning till olika lekhabitat har resulterat i en stor variation för laxfiskars lekhabitatpreferenser, både rumsligt och tidsmässigt bland olika arter och populationer (Taylor 1991). Vattenhastighet, djup och bottenstrukturer är variabler som visats vara viktiga vid laxfiskars val av lekplats (Armstrong m fl. 2003; Morbey & Hendry 2008).

Många laxfiskars lekhabitatpreferenser är tämligen välstuderade, t.ex. atlantlax (*Salmo salar*) och öring (*Salmo trutta*) (Armstrong m fl. 2003; Sear m fl. 2008). Sikar (*coregonus*) är dock ett släkte inom familjen laxfiskar där kunskap om lekbeteende och lekhabitatpreferenser saknas (Florin, Jonsson & Fredriksson 2018). I Sverige förekommer sik (*Coregonus lavaretus*) längs kusten från Bottniska viken och ner till Egentliga Östersjön, men även i sjöar och vattendrag i stora delar av landet (Kullander m fl. 2012). Siken finns i flera olika ekologiska former som skiljer sig åt i dess morfologi, tillväxthastighet, födoval och lekbeteende (Svårdsson, 1979). Längs kusten är det dock mer vanligt att siken delas upp efter de två olika lekbeteendena som förekommer i Östersjön, älvlekande sik som vandrar upp i älvar för att leka samt havssik som leker i havet längs kusten. Efter sikens lek under senhösten ligger romkornen på botten fram till tidig vår. Sikyngel i Bottniska viken kläcks ofta i samband med islossningen (april-maj) i både vattendrag (älvlekande sikyngel) och längs kusten (havslekande sikyngel) (Larsson m fl. 2013; Veneranta m fl. 2013). Sikyngel driver med strömmen eller simmar oftast ut till havet inom två veckor efter kläckning i mindre vattendrag, medan yngel i större vattendrag kan stanna i upp till 10 veckor innan de vandrar ut till havsmynningen (Larsson m fl. 2013). Både älvlekande och havslekande sik lever sedan i havet 2-5 år innan den blir könsmogen och vandrar tillbaka till sin födelseplats för att leka (Havs- och vattenmyndigheten 2017).

Båda lekformerna av sik påbörjar leken under hösten i september till november men kunskap saknas gällande när leken sker exakt och vilka faktorer som spelar in i valet av lekplats. I Alterälven som mynnar i Bottenviken har tidigare telemetrastudier på älvlekande sik indikerat att leken sammanfaller med att vattentemperaturen sjunker till 2 °C (Broman 2017). Siken leker i den övre delen av vattenkolumnen där hona och hane simmar tätt mot varandra upp mot vattenytan innan romkorn respektive mjölke släpps just under vattenytan (Fabricius & Lindroth 1954).

För att utreda fiskars lekhabitatpreferenser har bland annat olika metoder som syftar till att verifiera romkorn på lekbottnar använts, t.ex. sparkmetoden (Svensson 2012), mattutläggning (Prichard m fl. 2017) och romsugning (George m fl. 2017; Veneranta & Harjunpää 2017). Sparkmetoden går ut på att man sparkar i botten av vattendraget samtidigt som en håv hålls nedströms för att fånga upp romkorn. Mattutläggning går ut på att mattor som romkorn fastnar i läggs ut på botten för att fånga upp romkorn. Romsugning går ut på att suga upp romkorn från botten med någon typ av pumptrustning. Romsugning har gamla anor och prövades redan år 1948 i Sverige med syfte att lokalisera lekbottnar för sik (Forslin 1949, 96-97). Romsugning har även på senare tid använts i Chaumont Bay, Lake Ontario, för att identifiera lekområden för amerikansk siklöja (*Cisco Coregonus*) (George m fl. 2017). Metoden har också använts i Finland, bland annat för att utreda den älvlekande sikens lekhabitatpreferenser i Kumo älv (Veneranta & Harjunpää 2017). Romsugning testades även hösten 2017 inom ett projekt som studerade sikens vandringsbeteende i Alterälven (Broman 2017). Under projektet i Alterälven identifierades ytterligare möjligheter att utreda sikens lekhabitatpreferenser genom romsugning och det här arbetet är ett resultat av det.

1.1 Syfte

Syftet med det här arbetet har varit att utreda den älvlekande sikens lekhabitatpreferenser i Alterälven i avseende på strömförhållanden, djup och bottensubstrat genom romsugning med en vattenpump. Syftet har även varit att utvärdera romsugning som metod för att främja framtida studier som använder romsugning.

Följande frågor har undersökts:

- Skiljer sig sugeffektiviteten av romkorn på olika bottensubstrat?
- Finns det något samband mellan vattenhastighet, djup och bottensubstrat i avseende på var sikens romkorn erhålls med romsugning i studieområdet?
- Hur långt kan sikrommen transporteras från att siken släpper den i vattensytan tills att den landar på bottensubstratet?

2 Metod och material

2.1 Studieområde

Studien har genomförts i Alterälven som mynnar ut i Bottenviken ($65^{\circ}24'14.7''N$ $21^{\circ}29'49.8''E$) (Figur 1). Alterälven är en skogsälv i Norrbottens län med en vattenföring på ungefär $4 \text{ m}^3/\text{sek}$ i genomsnitt per år (SMHI). Ett lekområde som identifierats sedan tidigare genom telemetristudier (Broman 2017) användes som stöd när studieområdet för romsugningen valdes ut. Studieområdet utökades med ungefär 50 m nedströms och 50 m uppströms från det identifierade lekområdet för att få med en större variation i avseende på vattenhastighet, djup och bottensubstrat. Studieområdet är beläget drygt 2 km uppströms havsmynningen och är ungefär 200 m långt med en total vattenyta på 2000 m^2 .



Figur 1. Karta som visar studieområdets placering (röd ring) i Alterälven.

2.2 Utrustning för romsugning

Vattenpumpen som användes för suga upp romkorn hade en 4-takts bensinmotor med $3 \text{ hk}/2,2 \text{ kW}$ och en pumpkapacitet på 330 L/min (Figur 2). Sugmunstycket som fixerades mot botten vid romsugning var 12 cm i diameter och hade ett rutnät med

1x1 cm maskor av rostfritt stål. Uppsamlingssilen för det material som pumpades upp hade maskor som var 1x1 mm i rostfritt stål, vilket möjliggjorde att romkorn samlades upp men finare material som sand och sediment spolades ut.



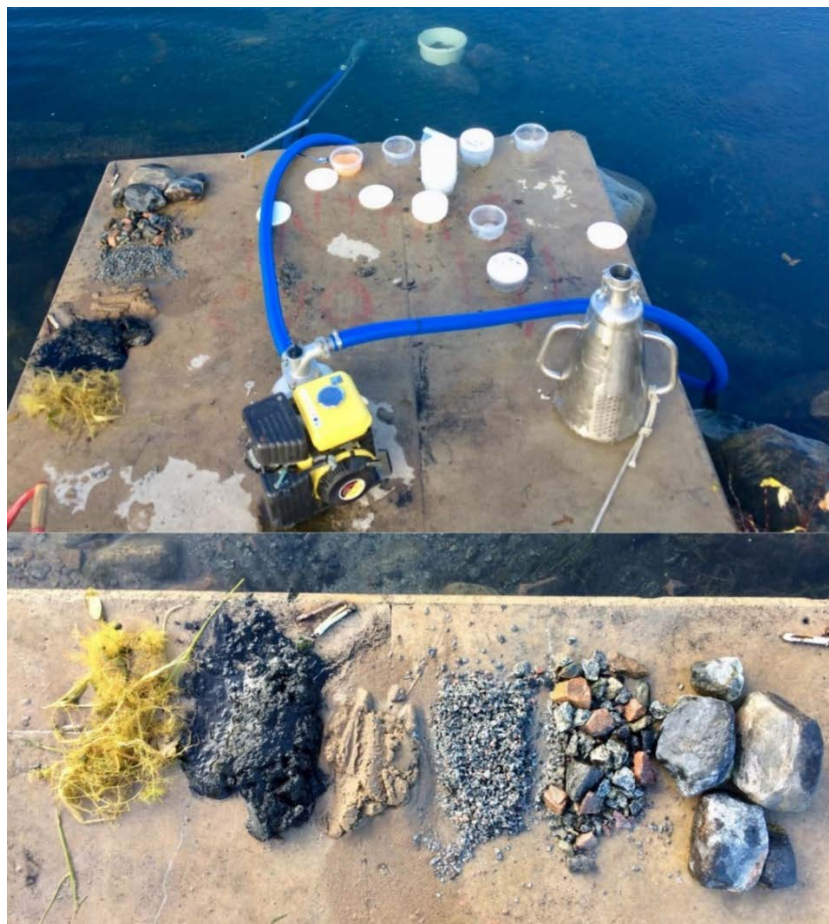
Figur 2. Uppe till vänster: Vattenpumpens motorhus. Nere till vänster: Sugmunstycket med galler som förhindrar t.ex. sten från att sugas upp. Till höger: Uppsamlingssilen som filtrerar bort finare sediment men behåller romkorn. (Foto: Simon Sundberg).

2.3 Sugeffektivitet av romkorn på olika bottensubstrat

Ingen sikrom gick att få tag på vid testillfället och därför användes havsöringsrom som är ca 2 mm större i diameter.

Vattenpumpens uppsugningsförmåga av romkorn i höjd- och sidled testades på en plan yta under vatten för 10 romkorn med 10 upprepningar. Sugmunstycket hölls på olika avstånd i höjd- respektive sidled och avståndet till när samtliga romkorn sögs upp noterades. Resultatet från uppsugningsförmågan i sidled användes för att beräkna den yta som romkorn sugs uppifrån. Baserat på detta presenteras resultatet från romsugningen i studieområdet med antal romkorn per kvadratmeter.

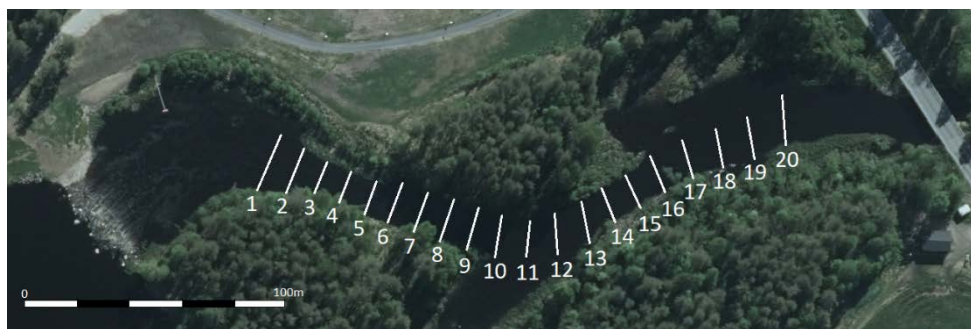
I syfte att utreda om sugeffektiviteten för romkorn varierar beroende på typ av bottenstrukt testades romsugning av romkorn med vattenpumpen på samtliga bottenstrukt som finns i studieområdet i Alterälven (Figur 3); vattenvegetation, lera (partikelstorlek: $<0,02$ mm), sand (0,02-2 mm), grus (2-20 mm), mindre sten (20-100 mm) och större sten (100-200 mm). Testet genomfördes i strandkanten vid en sjö ($65^{\circ}36'5.2''N$ $22^{\circ}15'5.3''E$) i Luleå och varje typ av bottenstrukt placerades i en hink som var 32 cm i diameter och 30 cm hög. Hinken sänktes ner på 1 m djup och för varje test släpptes 30 romkorn samlat från 0,5 m djup ner över mitten av hinken under vattnet. Romkornen föll samlat och landade i medeltal inom 5 cm radie. När vattenpumpen startats så fördes sugmunstycket ner rakt uppifrån mot mitten av substratet i hinken och hölls sedan mot substratet i 10 sekunder. Vattenpumpen slogs sedan av och uppsamlingssilen tömdes för att räkna antalet erhållna romkorn. För varje typ av bottenstrukt genomfördes 10 upprepningar.



Figur 3. Uppe: Utrustningen kunde förvaras på en gjuten betongbrygga i strandkanten av sjön. Nere: Samtliga bottenstrukt som sugeffektivitet av romkorn testades på; (från vänster till höger), vegetation, lera, sand, grus, mindre sten och större sten. (Foto: Simon Sundberg).

2.4 Vattenhastighet- och djupmätningar i studieområdet

Inför fältarbetet i Alterälven märktes 20 transekter upp med 10 m mellanrum inom det bestämda studieområdet (Figur 4). Vattenhastighet- och djupmätningar genomfördes i oktober under V.44 (2018) för samtliga transekter. Tidpunkten för mätningarna valdes så nära sikens mest aktiva lekperiod som möjligt.



Figur 4. Ortofoto (Lantmäteriet) över studieområdet med placeringen av de 20 transekterna i älven.

För vattenhastighet- och djupmätning användes en Teledyne – StreamPro ADCP (Figur 5). ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) är ett hydroakustiskt mätinstrument som skickar ut ljudpulser och mäter frekvensen på återkommande eko från partiklar i vattnet. Instrumentet mäter hur lång tid det tar för ljudpulserna att reflekteras tillbaka till instrumentet och kan på så vis beräkna vattenhastigheten. Instrumentet registrerar även djup genom att skicka ut särskilda ljudpulser som känner av vattendragets botten. Mätinstrumentet tillämpar dopplereffekten och kan registrera instrumentets fart över botten och därigenom räkna ut avstånd och area. En lina spändes upp tvärs över älven och ADCP-mätaren drogs sedan över en gång för varje transekt. ADCP-mätaren kunde inte registrera komplett data för vattenhastighet på djup < 20cm och därför kunde inte transekt 2, 3 och 16 mätas med ADCP då delar av dessa var grundare än 20 cm. För dessa transekter mättes vattenhastigheten istället med en propellermätare som sänktes ner på halva djupet för respektive provpunkt. Djupdata för samtliga transekter kunde erhållas från ADCP mätningarna.



Figur 5. Till vänster: En lina spändes upp över älven och ADCP mätaren drogs över en gång för varje transekt. (Foto: Simon Sundberg). Till höger: ADCP mätaren som användes (Foto: Teledyne RD instruments).

2.5 Bedömning av bottensubstrat i studieområdet

Bottensubstrat för varje provpunkt identifierades med en undervattenskamera som monterades på sugmunstycket (Figur 6). Varje provpunkt filmades när romsugningen genomfördes och det dominerade bottensubstratet bestämdes efter täckningsgrad sett rakt uppifrån. Bottensubstraten delades upp enligt det tidigare nämnda klassificeringssystemet, dvs. Vattenvegetation (slingeväxter ffa.), lera, sand, grus, mindre sten och större sten.



Figur 6. Till vänster: Sugmunstycket med kamera och belysning. Till höger: Exempel på bild från romsugning. (Foto: Simon Sundberg).

2.6 Romsugning i studieområdet

Romsugningen genomfördes i november under V.46 (2018). Innan fältarbetet utplaceras tre provpunkter efter samtliga 20 transekter som användes vid vattenhastighet- och djupmätningarna (Figur 4). Vid utplaceringen av provpunkterna togs ett avdrag på 15 % av varje transektlängd (vattendragets bredd) från respektive strandkant för att undvika att provpunkterna skulle hamna på för grunt vatten. De tre provpunkterna fördelades sedan jämnt efter den transektlängd som återstod efter strandkantsavdraget. Vid utförandet av romsugningen användes en avståndsmätare för att lokalisera varje provpunkt genom att mäta avståndet till en given strandkant. Romsugningen genomfördes med hjälp av en båt där utrustning förvarades. Djupet i älven var så pass grunt att samtliga provpunkter kunde tas genom att vada fram med båten. När vattenpumpen startats och kontroll av att vatten pumpades genom systemet så fördes sugmunstycket ner rakt uppifrån mot varje provpunkt. När munstycket tog emot bottensubstratet hölls det kvar i 10 sekunder. Pumpen fick sedan fortsätta gå och endast pumpa vatten genom systemet i 10 sekunder för att säkerställa att inga romkorn fanns kvar i systemet. Suget stoppades sedan med en kran på sugmunstycket och provet som samlats upp i uppsamlingssilen tömdes över till en provburk med kallt vatten från älven. Proverna togs sedan tillbaka till labb och räknades. Samtliga romkorn kunde identifieras som sikrom då ingen annan fiskart leker i Alterälven under hösten.

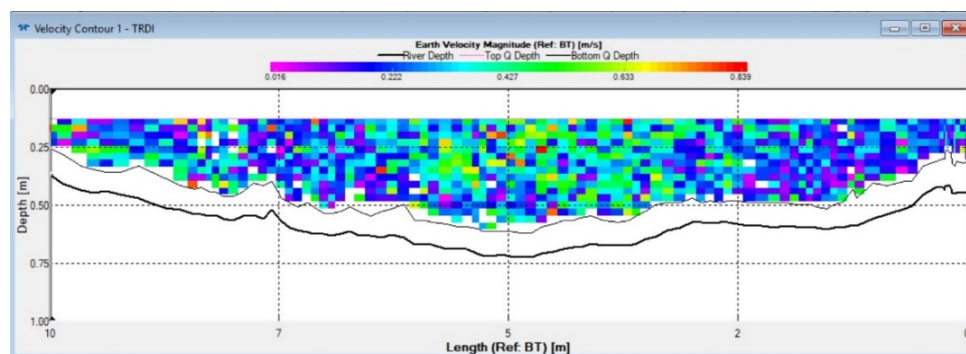
2.7 Romtransportavstånd

Siken släpper rommen som tidigare beskrivet nära vattenytan, oftast inte mer än 10 cm under ytan (Fabricius och Lindroth 1954). Med anledning av det testade jag att beräkna den sträcka rommen kan ha färdats från att den släpps av siken i vattenytan till att den landar på botten av älven. Sikrom har en sjunkhastighet på 3,8 cm/s vid 2 °C i stillastående vatten (Veneranta & Harjunpää 2017). Genom vattenhastighet- och djupdata från studieområdet i Alterälven samt sjunkhastigheten för sikrom beräknades romtransportavståndet i ett laminärt flöde. För att illustrera hur romtransportavståndet varierar i studieområdet valdes tre provpunkter ut med olika djup (lägsta, medel och max) för tre olika vattenhastigheter (0,3, 0,4 och 0,7 m/s).

2.8 Databehandling och statistisk analys

Resultatet från sugeffektivitetstestet testades med ANOVA och Tukey Post Hoc test för att utreda skillnader i avseende på sugeffektivitet av romkorn mellan de olika typerna av bottensubstrat. Andel uppsugna romkorn för respektive bottensubstrat användes som responsvariabel och typ av bottensubstrat användes som förklarande variabel. Uppsugningsgraden i medeltal för respektive bottensubstrat användes sedan som en korrektionsfaktor på antalet erhållna romkorn vid romsugningen i studieområdet. Korrektionsfaktorn som applicerades på antalet erhållna romkorn vid varje provpunkt baserades på det dominerade bottensubstratet för provpunkten (dvs. täckningsgrad >51 %).

I analysen av sikens lekhabitatpreferenser i studieområdet inkluderades antal erhållna romkorn på provpunkterna (med och utan ovannämnda korrektionsfaktor), vattenhastighet, djup, samt det dominerande bottensubstratet för varje provpunkt. Data på vattenhastighet och djup från ADCP-mätningarna i studieområdet importerades till WinRiver som sedan exporterades och behandlades i Excel. För både vattenhastighet och djup beräknades ett medelvärde av ett område på $\pm 0,5$ m från varje provpunkt (Figur 7). För vattenhastighet sammanställdes tre olika typer av värden: horisontell vattenhastighet för allt tillgängligt data i djupled, horisontell vattenhastighet för 0-9 cm djup och vertikal vattenhastighet för allt tillgängligt data i djupled. Vattenhastighet vid botten kunde inte sammanställas på grund av bristfälligt ADCP-data från halva djupet och ner till botten för de flesta transekterna. För provpunkter som helt saknade data från ADCP användes värden för vattenhastighet som mättes med en propellermätare vid halva provpunktens djup. För bottensubstrat noterades endast det dominerande bottensubstratet (täckningsgrad >51 %) för varje provpunkt. Fyra provpunkter togs bort från resultatet då sugmunstycket hade träffat en större sten och inte det dominerande substratet.



Figur 7. Visar ett exempel på en strömprofil från en av transekterna i studieområdet. Utifrån avstånd från varje strandkant kunde data från ett område på $\pm 0,5$ m från varje provpunkt summeras.

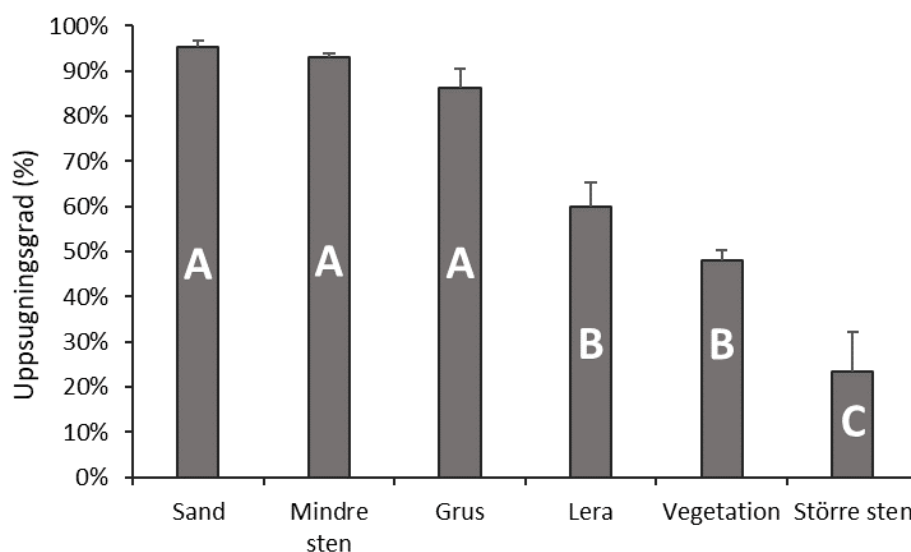
I ett första steg att utreda sikens lekhabitatpreferenser i studieområdet genomfördes en beskrivande analys där antal romkorn per m^2 , vattenhastighet, djup och botten-substrat summerades för provpunkterna i studieområdet. Erhållen romdensitet på provpunkterna i studieområdet delades även upp efter låg romdensitet (<500 st romkorn/ m^2), mellanhög romdensitet (500-1000st romkorn/ m^2) samt hög romdensitet (>1000 st romkorn/ m^2) som sedan kopplades till respektive medelvärden för vattenhastighet, djup samt det dominerande bottensubstratet.

För att vidare utreda om och hur vattenhastighet (horisontell och vertikal vattenhastighet) samt djup påverkar antal erhållna romkorn på provpunkterna i studieområdet genomfördes en parvis korrelationsanalys med Pearsons korrelationskoefficient. Effekten av vattenhastighet (horisontell och vertikal vattenhastighet), djup och botten-substrat på antal erhållna romkorn på provpunkterna i studieområdet testades sedan via en regressionsmodell (generaliserad linjär modell). Vattenhastighet för 0-9 cm av ytvattnet uteslöts som en förklarande variabel i den statistiska modellen då korrelationen till vattenhastigheten för allt tillgängligt data var väldigt hög ($r = 0,95$). Regressionsmodellen inkluderar endast interaktionen mellan djup och vattenhastighet pga. för få frihetsgrader när bottensubstrat inkluderades. För skillnader i antal erhållna romkorn på de olika bottensubstraten testades endast vegetation och mindre sten pga. för få provpunkter med övriga bottensubstrat. Samtliga statistiska analyser genomfördes i JMP Pro 13.

3 Resultat

3.1 Sugeffektivitet av romkorn på olika bottensubstrat

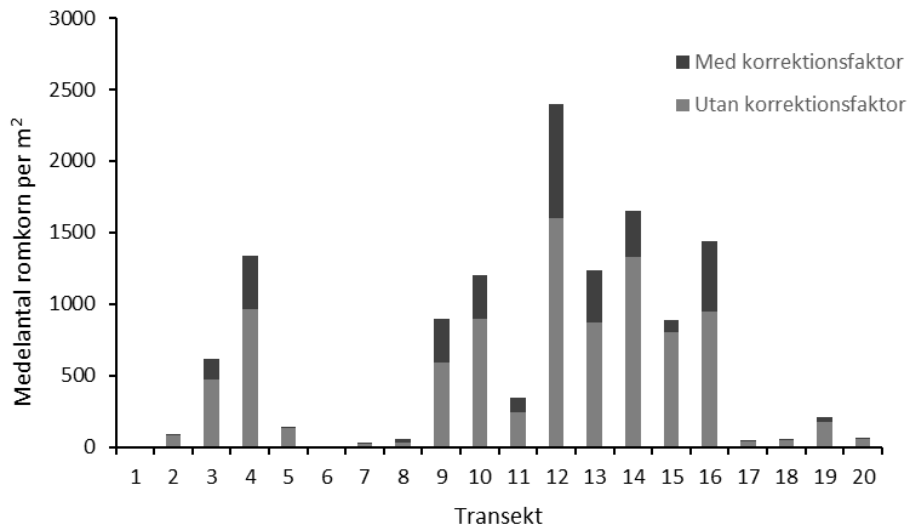
Test av sugförmågan för romkorn i höjd- och sidled visade att romkorn sugs upp från 10 cm höjd och 5 cm i sidled från sugmunstyckets yttre kant. Uppsugningsytan av romkorn när sugmunstycket hålls mot ett bottensubstrat blir därmed 380 cm² (Sugmunstyckets radie 6 cm + 5 cm för sugförmågan i sidled). Sugeffektivitetstestet på olika bottensubstrat visade att det finns en signifikant skillnad mellan olika bottensubstrat (ANOVA, $F=34,1$ $P<0,001$). För att hitta vilka bottensubstrat som har en signifikant skillnad från varandra i avseende på sugeffektivitet genomfördes ett Tukey Post Hoc test (Figur 8). På sand, mindre sten och grus var uppsugningsgraden av romkorn hög (95 %, 93 %, respektive 86 %). Sand, mindre sten och grus hade en signifikant skillnad mot lera (60 %) och vegetation (48 %), det var dock ingen signifikant skillnad mellan lera och vegetation. Uppsugningsgraden av romkorn på större sten (24 %) hade en signifikant skillnad mot både lera och vegetation samt sand, mindre sten och grus.



Figur 8. Uppsugningsgrad av romkorn på samtliga bottensubstrat som testades. Bottensubstrat som inte delar samma bokstav (A, B eller C) i staplarna anger signifikanta skillnader för uppsugningsgrad av romkorn.

3.2 Romsugning i studieområdet

Medelantalet erhållna romkorn per provpunkt i hela studieområdet var 472st /m² utan korrektionsfaktor och 644st /m² med korrektionsfaktor. För transekt 12 som hade högst densitet av sikrom var medelantalet 1596st /m² utan korrektionsfaktor och 2399st /m² med korrektionsfaktor (Figur 9). Den högsta romdensiteten för en provpunkt var på transekt 12 och var 2579st /m² utan korrektionsfaktor och 3920st /m² med korrektionsfaktor.



Figur 9. Medelantalet erhållna romkorn för de tre provpunkterna som romsögs längs varje transekt. Romdensiteten visas med och utan korrektionsfaktor för sugeffektivitet beroende på botten substrat för provpunkterna.

Den horisontella vattenhastigheten för provpunkter i studieområdet ökar med högre romdensitet, medan djupet för provpunkterna uppvisar ett motsatt mönster (Tabell 1). Det var 38 provpunkter med låg romdensitet (<500st romkorn /m²), 4 provpunkter med mellan hög romdensitet (500-1000st romkorn /m²), och 13 provpunkter med hög romdensitet (>1000st romkorn /m²). Det dominerande botten substratet var mindre sten för provpunkter med låg romdensitet, lika delar mindre sten/ vegetation för provpunkter med mellan hög romdensitet, och vegetation för provpunkter med hög romdensitet.

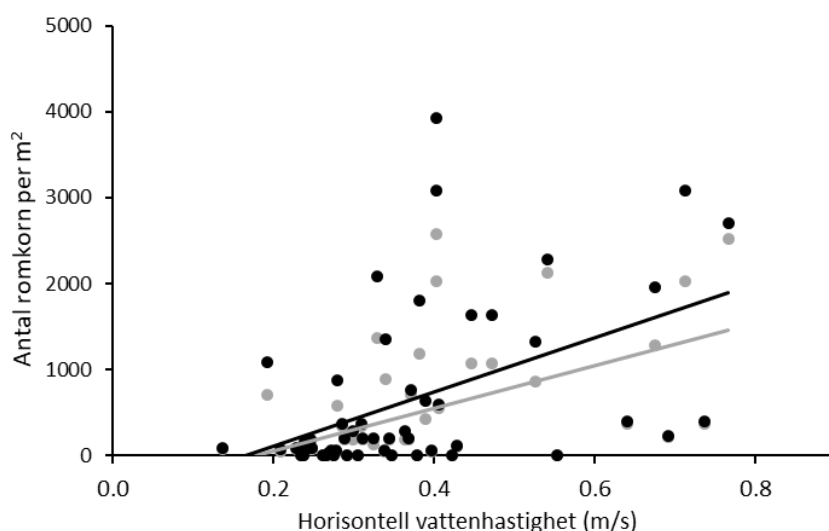
Tabell 1. Medelvärden för horisontell vattenhastighet, djup samt dominerande bottensubstrat för provpunkter med låg, mellan och hög romdensitet

Variabel	Romdensitet /m ²		
	Låg (0-500)	Mellan (500-1000)	Hög (>1000)
Horisontell vattenhastighet (m/s)	0,33	0,36	0,48
Djup (m)	0,47	0,38	0,30
Dominerande bottensubstrat	Mindre sten	Mindre sten/vegetation	Vegetation

3.3 Korrelation mellan vattenhastighet, djup och antal romkorn i studieområdet

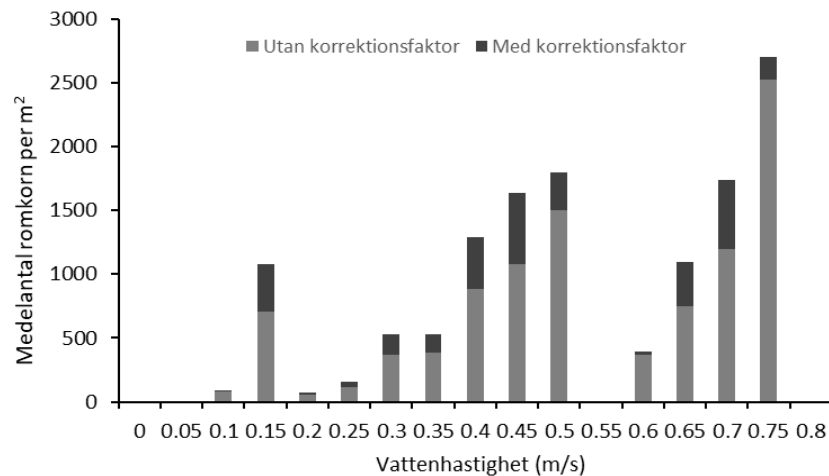
3.3.1 Vattenhastighet

Horisontell vattenhastighet uppvisade en positiv korrelation till antal erhållna romkorn på provpunkterna (Figur 10). En positiv korrelation innebär att antalet romkorn som erhöles vid provpunkterna i studieområdet ökar med högre vattenhastighet. Pearsons korrelationskoefficient visar att korrelationen var marginellt svagare när korrektionsfaktor för bottensubstrat användes på antalet erhållna romkorn för varje provpunkt ($r=0,47$, $P<0,001$ med korrektion och $r=0,49$, $P<0,001$ utan korrektion).



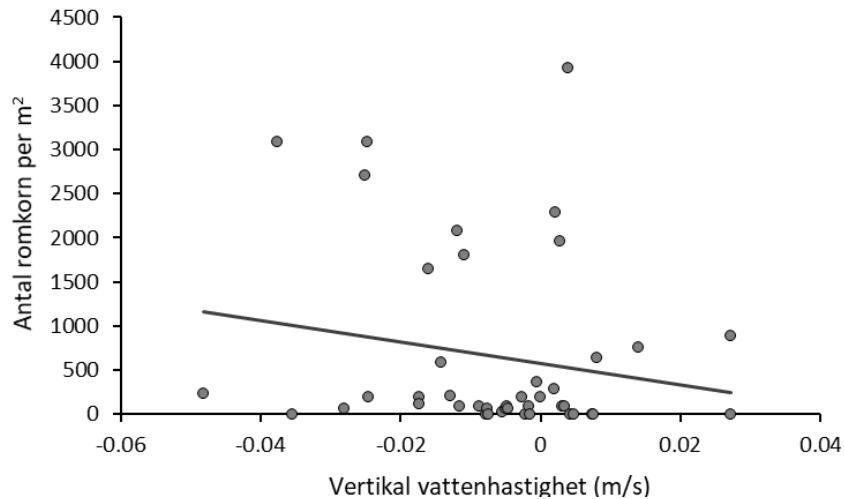
Figur 10. Korrelation mellan horisontell vattenhastighet och antal romkorn för provpunkterna i studieområdet. Med korrektionsfaktor (svart) och utan korrektionsfaktor (grått) för sugeffektivitet på olika bottensubstrat.

Ett histogram för vattenhastighet (0,05 m/s klassindelning) och medelantalet uppsugna romkorn per provpunkt inom varje intervall visar även visuellt att antalet erhållna romkorn generellt ökar med högre vattenhastighet (Figur 11). Detta syns tydligast mellan 0,2-0,5 m/s samt 0,6-0,8 m/s, glappet däremellan beror på att data kommer från olika partier av lekområdet i älven.



Figur 11. Medelantal uppsugna romkorn per kvadratmeter för vattenhastighetsklasser uppdelat med 0,05 m/s intervall.

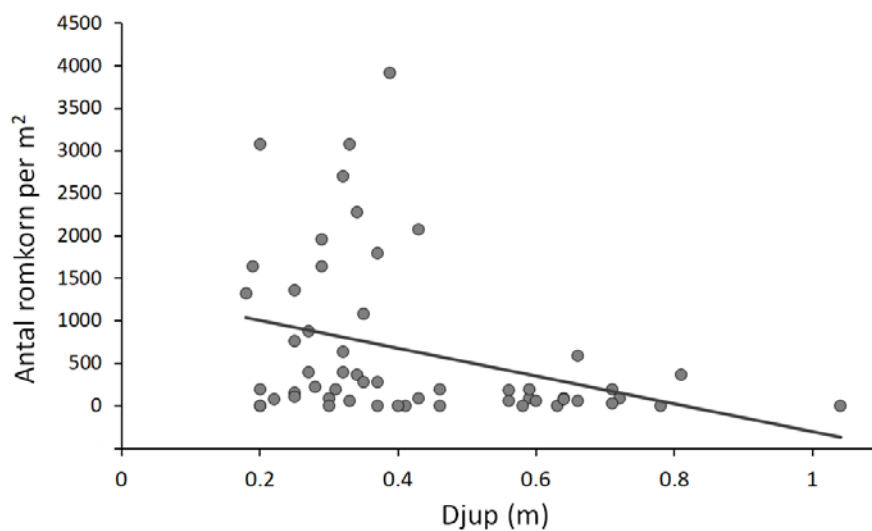
Vertikal vattenhastighet, dvs. uppåtgående eller nedåtgående strömriktning, hade en mycket svag negativ korrelation till antal romkorn ($r = -0,12$ och $P = 0,41$) (Figur 12). Korrelationen är inte signifikant men en svag negativ korrelation indikerar på att antalet romkorn avtar när strömriktningen är uppåtgående.



Figur 12. Korrelation mellan vertikal vattenhastighet och antal erhållna romkorn vid provpunkterna. Negativa värden innebär att strömriktningen är nedåtgående och positiva värden uppåtgående.

3.3.2 Djup

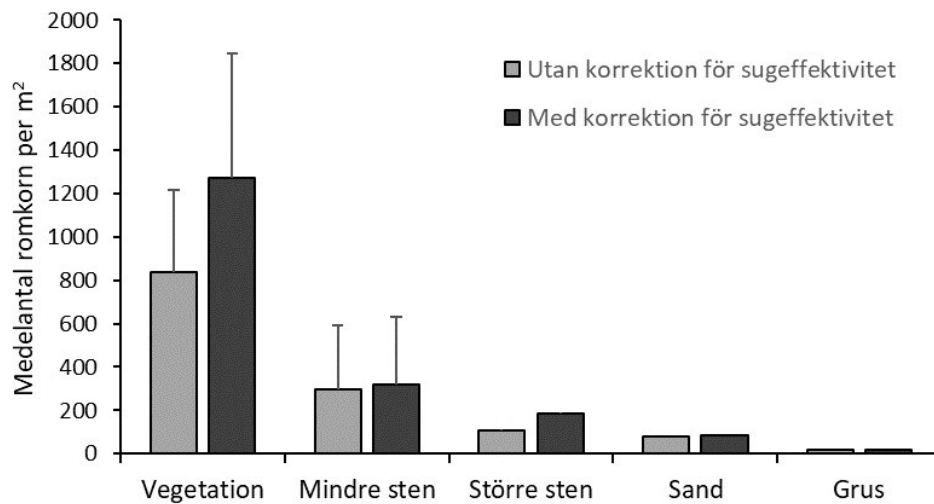
Av alla 55 provpunkter som inkluderades i resultatet var 2st (4 %) av provpunkterna mellan 0 - 20 cm djupa, 30st (55 %) mellan 20 - 40 cm, och 23st (42 %) >40 cm. Djup hade en negativ korrelation till antal romkorn ($r = -0,39$, $P = 0,01$, Figur 13). Provpunkter med hög romdensitet är framförallt samlade mellan 20-40 cm djup och från 40 cm djup är romdensiteten sedan betydligt lägre.



Figur 13. Korrelation mellan djup och antalet erhållna romkorn vid provpunkterna.

3.4 Bottensubstrat och antal romkorn

För de 55 provpunkterna som inkluderades i resultatet hade 30st (55 %) mindre sten som dominerande bottensubstrat, 20st (36%) vegetation, 3st (5 %) grus, 1st (2 %) sand och 1st (2 %) större sten. Provpunkter med vegetation som dominerande bottensubstrat hade högst antal romkorn i medeltal per provpunkt (Figur 14). Vegetation är även det bottensubstrat där antal romkorn i medeltal per provpunkt får störst höjning av korrektion för sugeffektivitet av samtliga bottensubstrat som finns med. Skillnaden i antal erhållna romkorn mellan vegetation och mindre sten bekräftades statistiskt (GLM, utan korrektionsfaktor: $\chi^2=7$, $P < 0,05$ och med korrektionsfaktor: $\chi^2=13$, $P < 0,001$). På grund av få provpunkter testades inte skillnaderna mellan de övriga bottensubstraten (större sten, sand och grus).



Figur 14. Antal erhållna romkorn (medel + standardavvikelse) per kvadratmeter i studieområdet för respektive bottensubstrat, med och utan korrektionsfaktor som baseras på sugeffektivitetstestet.

3.5 Effekt av vattenhastighet, djup och bottensubstrat på antal erhållna romkorn i studieområdet

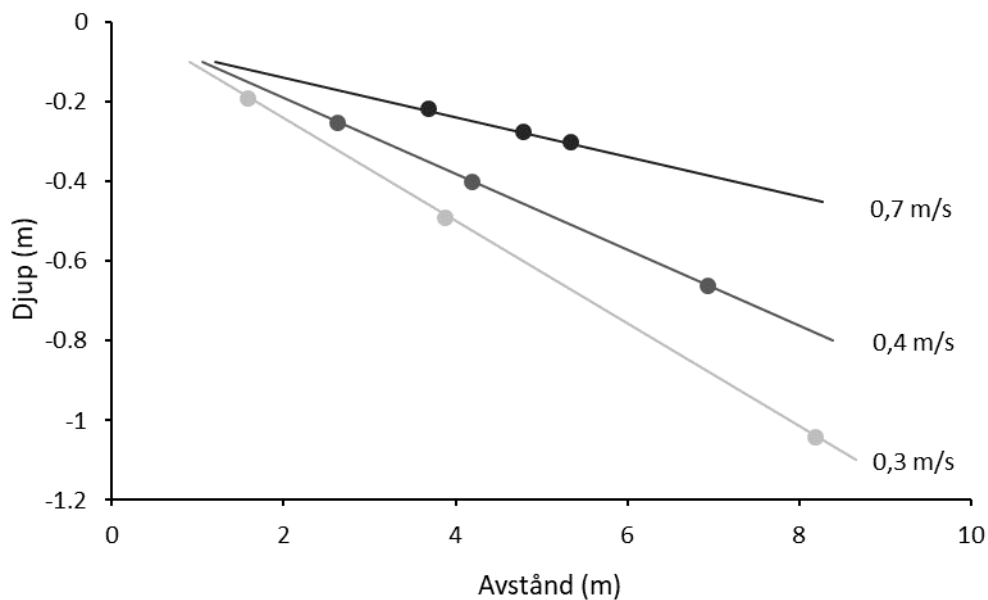
En regressionsanalys med samtliga variabler visar att horisontell vattenhastighet och bottensubstrat har en signifikant påverkan på antalet romkorn som erhöles på provpunkterna i studieområdet med romsugning (Tabell 2). Djup och vertikal vattenhastighet uppvisar ingen signifikant påverkan på antalet romkorn. När antal romkorn för varje provpunkt korrigeras med korrektionsfaktorn från sugeffektivitetstestet får bottensubstrat en större påverkan på antal romkorn i regressionsmodellen. Test av samtliga interaktioner visade att det fanns en signifikant interaktion mellan horisontell vattenhastighet och djup. Övriga interaktioner var inte signifikanta. Bottensubstrat kunde dock inte inkluderas i interaktionsmodellen på grund av för få frihetsgrader.

Tabell 2. GLM med χ^2 - och P-värde för de olika variablerna som inkluderades i den statistiska modellen. Endast signifikanta interaktioner har inkluderats i tabellen. En modell utan korrigeringsfaktor för sugeffektivitet och en med korrigeringsfaktor presenteras i tabellen

Generaliserad linjär modell	χ^2	P-värde
Romkorn utan korrigeringsfaktor		
Horisontell vattenhastighet	17,2	< 0,001
Bottensubstrat	10,4	0,033
Vertikal vattenhastighet	0,74	0,39
Djup	0,09	0,76
Horisontell vattenhastighet * Djup	5,7	0,02
Romkorn med korrigeringsfaktor		
Horisontell vattenhastighet	15,6	< 0,001
Bottensubstrat	17,8	0,001
Vertikal vattenhastighet	0,39	0,53
Djup	0,2	0,65
Horisontell vattenhastighet * Djup	6,4	0,01

3.6 Romtransportavstånd

Avståndet som romkorn kan ha transporterats från det att siken släpper romkornen i vattenytan till att de träffar botten varierar stort beroende på djup och vattenhastighet (Figur 15). Transportavståndet för romkorn ökar med högre vattenhastighet och större djup. I studieområdet är transportavståndet för romkorn i medeltal likvärdiga (4-5 m) för partier med vattenhastigheterna 0,3, 0,4 och 0,7 m/s på grund av att djupet oftast ökar när vattenhastigheten minskar. Variationen i djup ökade med lägre vattenhastighet vilket resulterar i att det lägsta och längsta transportavståndet för romkorn i studieområdet är där vattenhastigheten är omkring 0,3 m/s. Romkornen transporteras längre per tidsenhet på partier i älven med en vattenhastighet omkring 0,7 m/s men det lägre djupet på dessa partier gör att det maximala transportavståndet blir kortare.



Figur 15. Visar samband mellan djup, vattenhastighet och transportavstånd för romkorn i ett laminärt flöde. De tre punkterna som är markerade på respektive vattenhastighetslinje (0,3, 0,4 och 0,7 m/s) motsvarar provpunkterna i studieområdet som hade lägst, medel respektive störst djup för respektive vattenhastighet.

4 Diskussion

4.1 Sugeffektivitet av romkorn på olika bottensubstrat

En osäkerhet med sugeffektivitetstestet är att jag använde havsöringsrom och inte sikrom. Storleksskillnaden mellan havsöringsrommen (\varnothing 5 mm) och sikrommen (\varnothing 3 mm) kan innebära skillnader för sugeffektivitet på olika bottensubstrat. Mindre romkorn kan sannolikt lättare ramla ner i små hålrum bland bottensubstrat och därmed lättare hamna för långt bort från sugmunstycket för att sugas upp. Det kan även finnas densitetsskillnader mellan havsöringsrom och sikrom som kan påverka hur lätt romkornen sugas upp. En annan osäkerhet är att testet genomfördes i stilla vatten och inte strömmande vatten. Det kan vara så att romkorn som ligger uppströms sugmunstycket i strömmande vatten sugas upp lättare än romkorn som ligger nedströms sugmunstycket sugas upp sämre.

Sugeffektivitetstestet visade att uppsugningsgraden av romkorn varierar för olika bottensubstrat med den utrustning som användes i den här studien. Det finns framförallt två faktorer som förklarar resultatet för skillnaderna i sugeffektivitet, vilket är avståndet från sugmunstycket till romkornen samt bottensubstratets storlek. Den maximala uppsugningshöjden för havsöringsrom på en plan yta var 10 cm och samtliga 10 romkorn som testet utfördes på sögs upp samtidigt. Ingen variation för den maximala uppsugningshöjden kunde utskiljas. Den maximala uppsugningshöjden förklarar den låga uppsugningsgraden för större sten (100-200 mm), hålrummen där romkornen kan falla ner blir djupare än 10 cm. Romkorn som trots detta sögs upp i testet för större sten var romkorn som fastnat mellan stenar eller liknande. Skillnader i uppsugningsgrad mellan de andra bottensubstraten förklaras av kornstorleken som påverkar om substratet kan orsaka ett sugstopp, dvs. att substratet sugas fast mot utsidan av gallret i sugmunstycket och stoppar suget. Sand och grus har betydligt mindre kornstorlek än gallrets diameter och sugas därför lätt upp genom gallret i sugmunstycket och stoppar sällan suget. Mindre sten sögs inte upp genom gallret men orsakade inget sugstopp då hålrummen mellan stenarna var nog stort för att suget skulle fortsätta. Detta förklarar den höga uppsugningsgraden för sand, grus och mindre sten. Den låga uppsugningsgraden för lera förklaras av att leran sögs fast mot sugmunstycket och stoppade suget. Romkorn blev därför inte uppsugna om de inte hann sugas upp innan leran sögs fast. Den låga uppsugningsgraden för vegetation förklaras av samma orsak, dvs. vegetationen sögs fast mot sugmunstycket.

Uppsugningsgraden av romkorn för de olika bottensubstraten användes sedan som en korrektionsfaktor på antalet romkorn som erhöles vid varje provpunkt vid romsugningen av sikrom i studieområdet. Det var framförallt provpunkter med vegetation som påverkades av det, dels för att vegetation får en hög korrektionsfaktor men även för att det var på provpunkter med vegetation som flest antal romkorn erhöles per provpunkt i studieområdet. Det kan diskuteras om det är helt korrekt att använda en korrektionsfaktor endast baserat på det dominerande bottensubstratet eftersom att bottensubstratet i verkligheten oftast är en blandning av olika substrat.

Åtgärder för att undvika att substrat sögs fast mot sugmunstycket diskuterades men det fanns inte tid till att testa fram något under detta arbete. En lösning kan vara att ha korsställda stag istället för en heltäckande kant som sticker ner från sugmunstyckets galler. Detta skulle kunna minska risken att substrat sugas fast mot sugmunstyckets galler. Dels genom att stagen kan hindra sten från att sugas fast men också att suggenomströmningen kan bli bättre på finkorniga substrat med ett litet avstånd från sugmunstycket ner till substratet.

4.2 Effekt av vattenhastighet, djup och bottensubstrat på antal erhållna romkorn i studieområdet

Den horisontella vattenhastigheten för provpunkter med hög romdensitet (>1000 romkorn/ m^2) var $0,48$ m/s med ett spann på $0,19$ - $0,76$ m/s. Detta tillsammans med korrelationsanalysen i figur 10 och 11 indikerar att den positiva korrelationen avtar något när vattenhastigheten är omkring $0,45$ m/s. Det kan vara så att det är andra faktorer som styr sikens val av lekplats mer än vattenhastigheten därefter. Eftersom att inga tidigare studier på sikens lekhabitatpreferenser har hittats görs följande jämförelser till andra laxfiskar. Studier på harr som är relativt lik siken till storlek, form och även lekbeteende (leker mot botten men gräver inte en grop) har visats föredra vattenhastigheter mellan $0,5$ - $0,6$ m/s vid lek i strömmande vattendrag (Nykänen & Huuskonen 2002). Studier på öring har visat att vattenhastigheten vid lekområden i medeltal är $0,4$ - $0,5$ m/s med ett spann på $0,1$ - $0,8$ m/s (Armstrong m.fl. 2003). Öring gräver dock en grop i bottensubstratet där romkornen läggs till skillnad från sik som släpper dem i vattenmassan. Studier på andra laxfiskar har visat att vattenhastighet påverkar tillgängligheten av lekplatser och energiåtgången för den vuxna lekfisken under leken (Hinch m.fl. 2002; Healey m.fl. 2003). En högre vattenhastighet kan också innebära en högre syresättning i vattnet och därmed en högre överlevnad för romkornen (Morbey & Hendry 2008). Sikens preferenser för vattenhastighet vid lek är sannolikt en avvägning mellan att skapa bra förutsättningar för romkornen och samtidigt spara på sin egen energi.

Vertikal vattenhastighet (dvs. uppåtgående eller nedåtgående strömriktning) hade ingen signifikant påverkan på antalet romkorn i den här studien. Korrelationsanalysen indikerade dock att antalet romkorn ökar när strömriktningen är nedåtgående. Det kan finnas en rimlighet i den indikationen eftersom att nedåtgående strömriktning ökar syretillförseln mot botten och därmed överlevnaden för romkornen (Kondolf 2000). Samtidigt så kan nedåtgående strömriktning också innebära en större finsedimenttransport mot botten, framförallt efter djupare pooler, som i sin tur försämrar romkornens syretillförsel (Morbey & Hendry 2008).

En begränsning med ADCP är att den inte kan registrera vattenhastighet nära botten av älven. På flertalet transekter i studieområdet saknades data för 20-30 cm av djupet närmast botten. Om vattenhastighetsdata hade funnits för en större del av djupet vid botten hade skillnader mellan vattenhastighet vid botten, mitten och ytan av vattenmassan kunnat testats. Få studier har studerat sikens lekbeteende men Fabricius och Lindroth (1954) beskriver att sikhonan står vid botten och väntar in en hane och därefter sker leken snett uppåt mot ytan innan romkorn och mjölke släpps. Det kan därmed inte uteslutas att sikhonan väljer lekplats utifrån förhållandena vid botten men att leken sedan sker upp mot ytan. Sikhonan gör möjligtvis en avvägning för att släppa romkornen så att de ska spridas över den plats som valdes ut vid botten. Studier på andra laxfiskar har visat att honan känner av vattenflödet i bottensubstratet med analfenan vid val av lekplats (Crisp 1993). Detta gäller dock lax och öring som gräver en grop i bottensubstratet där romkornen läggs.

Medeldjupet för provpunkter med hög romdensitet (>1000 romkorn /m²) var 30 cm med ett spann på 0,18-0,43 cm. För harr som är lik sik till kroppsform och storlek har ett optimalt spann för djup vid lek i strömmande vatten rapporterats vara 30-40 cm (Nykänen & Huuskonen 2002). Djupet som ensam variabel hade ingen signifikant påverkan på antalet erhållna romkorn i regressionsmodellen. Korrelationsanalysen visade dock att det fanns en signifikant negativ korrelation till antal romkorn som erhöles vid provpunkterna. Interaktionen mellan horisontell vattenhastighet och djup var också signifikant, och det beror sannolikt på att djupet samvarierar starkt med vattenhastigheten. Lugnflytande partier i älven är djupare och partier med högre vattenhastighet är grundare. Djupet är något som varierar stort från år till år under lekperioden, vid lekperioden 2018 var vattenståndet i Alterälven ungefär 20-30 cm under normalt vattenstånd för årstiden. Även om djupet inte uppvisar någon direkt signifikant påverkan i den här typen av studie så har djupet en indirekt påverkan på romöverlevnaden i ett senare skede genom risk för bottenfrysning (Nika m fl. 2011). Djupet påverkar sannolikt även tillgängligheten av lekplatser samt risken

för att den vuxna siken strandar vid leken, vilket tidigare studier visat för andra laxfiskar (Quinn & Buck 2001; Quinn m fl. 2001a, 2001b).

Bottensubstrat hade en signifikant påverkan på antal romkorn och provpunkter med vegetation som dominerande bottensubstrat hade signifikant fler antal romkorn än provpunkter med mindre sten. En förklaring till att det fanns fler romkorn på provpunkter med vegetation än mindre sten kan vara att romkornen driver med vattnet och fastnar i vegetationen. Med tanke på att provpunkter med vegetation och provpunkter med mindre sten låg tämligen blandat i lekområdet är det inte sannolikt att siken medvetet väljer att lägga romkornen i vegetation. När romkornen räknades var det tydligt att romkorn ofta satt fast i rester av vegetation som följt med vid romsugningen. Romkornen var inte adhesiva till stenar vid tidpunkten för romsugningen och det är därför troligt att romkornen lättare förs iväg med strömmen på bottnar med bara sten. En ytterligare förklaring kan vara att rompredationen är lägre i vegetation än på mindre sten. Palm m fl. (2007) har visat att rompredationen på laxrom av stensimpa (*cottus gobio*) kan vara 80 % i ett bottensubstrat av mindre sten. Studier på rompredation i vegetation saknas men det kan vara så att rompredatorer som stensimpa har svårare att hitta romkorn som göms i vegetation. Övriga bottensubstrat (sand, grus och större sten) inkluderades inte när statistiska skillnader mellan bottensubstraten testades på grund av för få provpunkter. Det är därför svårt att dra några generella slutsatser i avseende på sikens preferenser för sand, grus och större sten som bottensubstrat i det här studieområdet. Det är dock inte troligt att siken föredrar finkornigare substrattyper som sand och lera. Dels för att rompredationen är hög där romkornen ligger öppet (Palm m fl. 2007), men även för att romkornens syresättning i finkornigare bottensubstrat oftast är sämre (Greig m fl. 2005). Ytterligare studier i andra lekområden och vattendrag behövs för att utreda sikens preferenser för bottensubstrat.

Bottensubstrat och vattenhastighet är till stor del beroende av varandra i strömmande vatten, låg vattenhastighet innebär finkornigare bottensubstrat och vice versa. Studier på andra laxfiskars lekhabitatpreferenser har argumenterat för att vattenhastighet vid valet av lekplats är sekundärt efter bottensubstrat som slutligen styr reproduktionsframgången (Shirvell & Dungey 1983). Det kan tänkas att sikens preferenser för bottensubstrat är något svagare i jämförelse till laxfiskar som gräver en grop för rommen i substratet.

Vid samtliga ovanstående överväganden gällande sikens lekhabitatpreferenser bör faktumet att siken släpper romkornen nära vattenytan tas i beaktning. Det saknas studier på sikens lekbeteende och det är sannerligen svårt att veta med säkerhet vad

som påverkar sikens val av lekplats. I den här studien valde jag att göra romsugningen efter samma transekter som vattenhastighet, djup och bottensubstrat mättes. Om det är så att siken väljer lekplats efter förhållandena i vattenytan när den släpper romkornen är det inte korrekt att mäta vattenhastighet, djup och bottensubstrat på samma ställe som romsugningen genomförs. Mer korrekt vore då att mäta förhållandena uppströms från platsen där romkornen ligger på botten. Platsen där siken släppte rommen kan beräknas på samma sätt som romtransportavståndet beräknades i den här studien.

Beräkningarna av romtransportavstånd för ett laminärt flöde visade att sikrom som släpps i vattenytan kan färdas en relativt lång sträcka beroende på vattenhastighet och djup (Figur 15). I verkligheten påverkas även romtransportavståndet av den vertikala strömriktningen vilket inte togs hänsyn till i dessa beräkningar. Kraftiga vertikala vattenhastigheter kan sannolikt förlänga eller förkorta avståndet avsevärt. Turbulenta flöden vid högre vattenhastigheter kan sannolikt också påverka avståndet mycket. För att utreda romtransportavståndet till fullo skulle komplett data för horisontell- och vertikalvattenhastighet över heltäckande områden behövas.

4.3 Utvärdering av romsugning som metod

Romsugning fungerade ändamålsenligt och uppfyllde syftet att suga upp sikrom i studieområdet. George m.f. l. (2017) skriver att en av fördelarna med romsugning är möjligheten att sampla ett stort antal provpunkter med stor variation i djup och habitat under relativt kort tid. Jag håller med om det även om den här studien utfördes på en relativt begränsad sträcka. De 60 provpunkter som romsögs i studieområdet tog ungefär 8 timmar effektivt arbete. Det underlättade att samtliga provpunkter i den här studien kunde tas genom att vada i älven, med högre vattenstånd eller i andra vattendrag kan arbetstiden eventuellt förlängas något. En svårighet som uppstår med större djup eller grumligt vatten är att det inte går att se var sugmunstycket stoppas ner. I den här studien plockades 4 provpunkter bort för att det upptäcktes i efterhand på filmerna från undervattenskameran att sugmunstycket träffat enstaka större sten ovanför det dominerande bottensubstratet.

Romsugning fungerar sannolikt bäst för fiskarter som inte gräver ned romkornen i bottensubstratet, som t.ex. sik, siklöja och harr i svenska vatten. En svårighet som kan uppstå är om romsugningen sker på bottensubstrat av storlekar som kan skapa hålrum större än pumptrustningens maximala uppsugningshöjd av romkorn. Pumptrustningen som användes i den här studien kunde inte suga upp romkorn över 10 cm höjd. Detta resulterade som tidigare nämnt i att romkorn på större sten (>10 cm)

hade väldigt låg uppsugningsgrad (24 %). Studier som använder romsugning som metod bör uppskatta den specifika pumpputrustningens uppsugningsyta av romkorn samt dess variation på olika typer av bottensubstrat. Uppsugningsytan och uppsugningsgraden av romkorn på olika bottensubstrat skiljer sig sannolikt beroende på vattenpumpens kapacitet samt utformning av sugmunstycke som används. Vattenhastigheten där romsugningen utförs kan sannolikt även påverka uppsugningen av romkorn. Detta var inget som testades i den här studien men kan vara något för framtida studier.

4.4 Utvärdering av romsugning mot alternativa metoder

En alternativ metod som hade kunnat användas för att utreda sikens lekhabitat preferenser är sparkmetoden. Sparkmetoden går ut på att man sparkar i botten av vattendraget samtidigt som en håv hålls nedströms för att fånga upp romkorn (Svensson 2012). Det är en enklare metod som kräver mindre utrustning och resurser i jämförelse till romsugning med vattenpump. Svensson (2012) kvantifierade inte mängden romkorn som erhöles vid en sparkning utan bedömde endast om det fångades eller inte fångades romkorn. Jag tror att romsugning på så sätt är en bättre metod om studien syftar till att uppskatta romdensitet. En annan fördel med romsugning är att det går att genomföra genom isen på vintern (George m fl. 2017). Detta ger möjlighet till att studera hur romdensitet förändras på grund av naturlig mortalitet och predation från det att leken sker under hösten till att ynglen kläcks under våren.

En annan metod som hade kunnat användas för den här typen av studie är mattutläggning. Mattutläggning går ut på att mattor som romkorn fastnar i läggs ut på botten för att fånga upp romkorn (Prichard m fl. 2017). Genom en känd yta på mattorna kan sedan romdensiteten uppskattas för platsen som mattan låg på. Det kan tänkas att mattutläggning är en mer objektiv metod än romsugning eftersom att romsugning kan påverkas av skillnader i handhavande samt den pumpputrustning som används. Mattor av samma material och storlek som placeras objektivt och fixeras mot botten bör ha samma sannolikhet att fånga romkorn.

4.5 Slutsatser

Sugeffektivitetstestet av romkorn på olika bottensubstrat uppvisade signifikanta skillnader och en korrektionsfaktor användes därför för att rättvist vikta resultaten från romsugningen i studieområdet. Sugeffektiviteten skiljer sig sannolikt beroende på utrustning och framtida studier bör därför testa uppsugningsyta, maximal uppsugningshöjd samt skillnader på olika bottensubstrat för att få bästa möjliga resultat.

Resultatet från den här studien visar att den horisontella vattenhastigheten har en positiv korrelation och signifikant påverkan på antalet erhållna romkorn. Detta indikerar att horisontell vattenhastighet är viktigt vid valet av lekplats för siken. Den horisontella vattenhastigheten var 0,48 m/s för provpunkter med hög densitet av sikrom (>1000 romkorn /m²). Bottenssubstratet för provpunkterna i studieområdet uppvisade också en signifikant påverkan på antalet erhållna romkorn och provpunkter med vegetation hade signifikant fler romkorn än provpunkter med mindre sten. Siken leker dock nära vattenytan och det går därför inte med säkerhet att säga om siken aktivt väljer platser med mycket vegetation eller om romkornen driver med vattnet och fastnar där. Djup och vertikal vattenhastighet uppvisade ingen signifikant påverkan i den här studien.

Ovanstående slutsatser gällande sikens lekhabitatpreferenser kan användas som ett stöd i restaureringsarbete av lekområden för sik. Få studier har dock undersökt sikens lekhabitatpreferenser och det behövs fler studier i andra områden i Alterälven och i andra vattendrag för att skapa ett mer komplett kunskapsunderlag.

Referenslista

- Armstrong, J. D., Kemp, P. S., Kennedy, G. J. A., Ladle, M. & Milner N. J. 2003. Habitat requirements of Atlantic salmon and brown trout in rivers and streams. *Fisheries Research* 62:143-170.
- Broman, A. 2017. Telemetrirapport Kustmynnande vattendrag – Metodutveckling och Restaurering (Interreg Nord). Länsstyrelsen Norrbottens län.
- Crisp, D. T. 1993a. The environmental requirements of salmon and trout in fresh water. *Freshwater Forum*. 3: 176–202.
- Fabricius, E., & Lindroth, A. 1954. Experimental Observations on the Spawning of Whitefish, *Coregonus lavaretus* L., in the Stream Aquarium of the Hölle Laboratory at River Indalsälven. *Inst. Freshwater Drottningholm* 35: 105-112.
- Florin, A.B., Jonsson, A.L., & Fredriksson, R. 2018. Sik i Östersjön – en kunskapssammanställning. Rapport från Havs- och vattenmyndigheten.
- Forslin, H. 1949. En slagruta för fiskeplatser. S. 96-97 i *Svensk Fiskeri Tidskrift*. Nr 6/7, Juni/Juli 1949, 58:e årg.
- George, E. M., Stott, W., Young, B. P., Karboski, C. T., Crabtree, D. L., Roseman, E. F., & Rudstam, L. G. 2017. Confirmation of cisco spawning in Chaumont Bay, Lake Ontario using an egg pumping device. *Journal of Great Lakes Research*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jglr.2017.03.024>
- Greig, S.M., Sear, D. A., & Carling, P.A. 2005. The impact of fine sediment accumulation on the survival of incubating salmon progeny: Implications for sediment management. *Science of the Total Environment* 344, 241-258.
- Healey, M. C., Lake, R., & Hinch, S. G. 2003. Energy expenditures during reproduction by sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). *Behaviour* 140:161-182.
- Hinch, S. G., Stranden, E. M., Healey, M. C., & Farrell, A. P. 2002. Swimming patterns and behaviour of upriver migrating adult pink (*Oncorhynchus gorbuscha*) and sockeye (*O. nerka*) salmon as assessed by EMG telemetry in the Fraser River, British Columbia. *Hydrobiologia* 483:147-160.
- Kondolf, G. M. 2000. Assessing salmonid spawning habitat quality. *Transactions of the American Fisheries Society* 129:262-281.

- Kullander, S. O., Nyman, L., Jilg, K., & Delling, B. 2012. Nationalnyckeln till Sveriges flora och fauna. Strålfeniga fiskar. Actinopterygii. ArtDatabanken, SLU. Uppsala.
- Larsson, S., Byström, P., Berglund, J., Carlsson, U., Veneranta, L., Larsson, S.H, Hudd, R. 2013. Characteristics of anadromous whitefish (*Coregonus lavaretus* (L.)) rivers in the Gulf of Bothnia. *Advanc. Limnol.* 64, p. 189-201. *Biology and Management of Coregonid Fishes – 2011.*
- Leskelä, A., Hudd, R., Lehtonen, H., Huhmarniemi, A., & Sandström, O. 1991. Habitats of whitefish (*coregonus lavaretus* (L.) s. l.) larvae in the Gulf of Bothnia. *Aqua Fennica* 21, 145-151.
- Morbey, Y. E., & Hendry, A. P. 2008. Adaption of Salmonids to Spawning Habitats. I Sear, D.A., & DeVries, P. *Salmonid spawning habitat in rivers: physical controls, biological responses, and approaches to remediation.* American Fisheries Society, Symposium 65, Bethesda, Maryland.
- Nika, N., Virbickas, T. & Kontautas, A. 2011. Spawning site selection and redd gravel characteristics of sea trout *Salmo trutta* in the lowland streams of Lithuania. *Oceanological and Hydrobiological Studies* 40: 45-56.
- Nykänen, M., & Huusko, A. 2002. Suitability criteria for spawning habitat of riverine European grayling. *Journal of Fish Biology* (2002) 60, 1351–1354 doi:10.1006/jfbi.2002.1946, available online at <http://www.idealibrary.com>.
- Palm, D., Östergren, J., Lindberg, M., Brännäs, E., Carlsson, U., and Lundqvist, H. 2007. The influence of Bullhead *Cottus gobio* L. on recruitment of Atlantic salmon *Salmo salar* L.- Implications for spawning habitat restoration.
- Prichard, C.G., Craig, J.M., Roseman, E.F., Fischer, J.L., Manny, B.A., and Kennedy, G.W. 2017. Egg deposition by lithophilic-spawning fishes in the Detroit and Saint Clair Rivers, 2005–14: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2017–5003, 20 p., <https://doi.org/10.3133/sir20175003>.
- Quinn, T. P., & Buck, G. B. 2001. Size and sex selective mortality on adult Pacific salmon: bears, gulls, and fish out of water. *Transactions of the American Fisheries Society* 130:995-1005.
- Quinn, T. P., Hendry, A. P., & Buck, G. B. 2001a. Balancing natural and sexual selection in sockeye salmon: interactions between body size, reproductive opportunity and vulnerability to predation by bears. *Evolutionary Ecology Research* 3:917-937.
- Quinn, T. P., Wetzel, L., Bishop, S., Overberg, K., & Rogers, D. E. 2001b. Influence of breeding habitat on bear predation and age at maturity and sexual

- dimorphism of sockeye salmon populations. *Canadian Journal of Zoology* 79:1782-1793.
- Sear, D.A., DeVries, P., & Greig, S.M. 2008. The Science and Practice of Salmonid Spawning Habitat Remediation. Sida 8 i Sear, D.A., & DeVries, P. Salmonid spawning habitat in rivers: physical controls, biological responses, and approaches to remediation. American Fisheries Society, Symposium 65, Bethesda, Maryland.
- SMHI (Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut). 2018. Vattenwebb: <https://www.smhi.se/klimatdata/hydrologi/vattenwebb>.
- Svärdsson, G. 1979. Speciation of Scandinavian Coregonus. Report of the Institute of Freshwater Research, 57, 3-95.
- Taylor, E. B. 1991. A review of local adaption in Salmonidae, with particular reference to Pacific and Atlantic salmon. *Aquaculture* 98:185-207.
- Veneranta, L., Hudd, R., & Vanhatalo, J. 2013. Reproduction areas of sea-spawning coregonids reflect the environment in shallow coastal waters. *Mar Ecol Prog Ser*. Vol. 447, 231-250.
- Veneranta, L. & Harjunpää, H. 2017. Lekhabitat för sik i Kumo älv. (Finska). Forskning om naturresurser och bioekonomi 27/2017. LUKE, naturresurscentrum Helsingfors.

Latest issue number in our series Examensarbete/Master's thesis

- 2018:13 Biodiversity in assisted migration trials – A study comparing the arthropod diversity between different populations of cottonwood (*Populus Fremontii*) translocated to new areas
Author: Maria Noro-Larsson
- 2018:14 Nutrient distribution by mammalian herbivores in Hluhluwe-Imfolozi Park (South Africa)
Author: Laura van Veenhuisen
- 2018:15 Status of supplementary feeding of reindeer in Sweden and its consequences
Author: Anna-Marja Persson
- 2018:16 Effects of wolf predation risk on community weighted mean plant traits in Białowieża Primeval Forest, Poland
Author: Jone Lescinskaite
- 2018:17 Sexual Dimorphism in the migratory dynamics of a land-locked population of Brown Trout (*Salmo trutta*) in central Sweden – A study at three temporal scales
Author: Carl Vigren
- 2018:18 Impact of Great cormorant (*Phalacrocorax carbo sinensis*) on post-smolt survival of hatchery reared salmon (*Salmo salar*) and sea trout (*Salmo trutta*).
Author: Carolina Gavell
- 2018:19 Influencing factors on red deer bark stripping on spruce: plant diversity, crop intake and temperature
Author: Anna Widén
- 2018:20 Estimating the timing of animal and plant phenophases in a boreal landscape in Northern Sweden (Västerbotten) using camera traps.
Author: Sherry Young
- 2018:21 The effect of wildlife fences on ungulate vehicle collisions
Author: Freja De Prins
- 2019:1 Migration routes, stopover sites and home range sizes of Taiga Bean Geese (*Anser fabalis fabalis*) breeding in northern Sweden and central Norway tracked by GPS tags.
Author: Jorina Boer
- 2019:2 Clearcutting and the breeding productivity of golden eagles (*Aquila chrysaetos*) in Västerbotten County
Author: Amanda Trulsson
- 2019:3 Using camera traps to compare the habitat choice of different deer species in hunting versus non-hunting season
Author: Laura Juvany Canovas
- 2019:4 Browsing behaviour in complex ungulate multi-species systems in southern Sweden
Author: Jonatan Sandberg